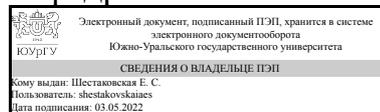


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



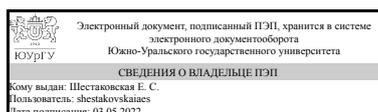
Е. С. Шестаковская

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.П1.06** Дробные модели механики сплошных сред  
**для направления 01.03.03** Механика и математическое моделирование  
**уровень** Бакалавриат  
**профиль подготовки** Механика и математическое моделирование жидкости, газа и плазмы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Вычислительная механика

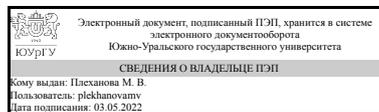
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 10

Зав.кафедрой разработчика,  
к.физ.-мат.н., доц.



Е. С. Шестаковская

Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., доц., профессор



М. В. Плеханова

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса «Дробные модели механики сплошных сред» является изучение основных методов и идей теории дробного дифференцирования, применение дробных дифференциальных уравнений к решению различных задач механики сплошных сред. Задачами изучения дисциплины являются: • ознакомление студентов с основными понятиями теории дробных производных; • изучение применения методов дробного дифференцирования для уравнений механики; • построение численных решений дробных уравнений теории упругости и пластичности; • создание целостной картины существующих математических методов и понятий, призванных служить инструментами обработки данных, необходимых для решения прикладных задач; • создание отношения к наиболее современному и перспективному математическому аппарату как к инструменту исследования и решения прикладных задач. Эта цель достигается выработкой у студентов понимания сущности математической модели и умения моделировать некоторые сложные объекты, процессы и явления; • привитие навыков использования математических методов и основ математического моделирования в практической деятельности; • развитие у студентов способности ориентироваться в последних достижениях прикладной математики и математической физики. Расширять свои знания и проводить решение прикладных математических задач на современном уровне, т.е. воспитания математической культуры, которая способствовала бы включению будущих специалистов в процесс активного познания, в частности, обеспечивала бы им возможность самостоятельного овладения новым математическим аппаратом и применением его в различных предметных областях.

## Краткое содержание дисциплины

Курс включает в себя изучение тем: эрмитарность, степенные функции в физике, математические основы метода, применение дробных производных к задачам механики

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Владение методами механического, физического и математического исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических дисциплин и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний.	Знает: теорию дробных производных Имеет практический опыт: решения обобщенных на случай дробной производной уравнений механики

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Теория теплообмена	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Теория теплообмена	Знает: основные понятия и законы теории теплообмена Умеет: применять математические методы для решения уравнения теплопроводности Имеет практический опыт: решения задач теплообмена

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 70,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	70	70	
Лекции (Л)	28	28	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	42	42	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	29,5	29,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Выполнение домашних заданий.	4	4	
Индивидуальная работа. Численные решения дробного уравнения механики.	10,5	10.5	
Подготовка к контрольной работе.	5	5	
Подготовка к экзамену	10	10	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Математические основы дробного дифференцирования	28	14	14	0
2	Численное моделирование с применением дробных производных	20	10	10	0
3	Дробные модели в механике	22	4	18	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Интегралы с параметром. Сходимость несобственных интегралов с параметром.	2
2	1	Интегралы Эйлера	2
3	1	Дробные производные Римана - Лиувилля	2
4	1	Дробные производные Капуто.	2
5	1	Дробные ОДУ.	2
6	1	Уравнения в частных производных дробного порядка .	2
7	1	Уравнения с памятью.	2
8	2	От конечных разностей к дробным производным	2
9	2	Численное решение ОДУ с дробной производной.	2
10	2	Разностные схемы для уравнений механики сплошных сред.	2
11	2	Разностные схемы для моделей дробного порядка.	2
12	2	Уравнение субдиффузии.	2
13	3	Программная реализация численного решения задачи для уравнения субдиффузии.	2
14	3	Дробная производная в механике.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Интегралы с параметром. Вычисление.	2
2	1	Сходимость интегралов с параметром.	2
3	1	Гамма функции Эйлера.	2
4	1	Бетта функции Эйлера.	2
5	1	Вычисление дробной производной Римана-Лиувилля от элементарных функций.	2
6	1	Вычисление производной Капуто от элементарных функций.	2
7	1	Контрольная работа по теме "Дробные производные".	2
8	2	Численная схема для подсчета дробной производной.	2
9	2	Программная реализация. Дробные производные степенные функции.	2
10	2	Численная схема с применением функции Миттаг-Леффлера.	2
11	2	Программная реализация. Численная схема с применением функции Миттаг-Леффлера.	2
12	2	Численные схемы решения начально краевой задачи для уравнения теплопроводности.	2
13	3	Разработка численной схемы для уравнения субдиффузии.	2
14	3	Индивидуальное задание. Разработка численной схемы для одного уравнения механики с дробной производной по времени.	2
15	3	Программная реализация решение дробной модели механики.	2
16	3	Графическая интерпретация численного решения, проверка результата	2
17	3	Доказательство аппроксимации численной схемы	2
18	3	Доказательство устойчивости	2
19	3	Обратные задачи в механике	2
20	3	Дробно-дифференциальное уравнение Ньютона	2
21	3	Дробно-дифференциальная модель Кельвина	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение домашних заданий.	ПУМД осн. лит-ра [1] Л. 33,34 стр. 626-647: [3] Гл. VII стр. 340-362: Гл. IX стр 331-457: до лит-ра. [1] Гл. 1. стр 20-94:	8	4
Индивидуальная работа. Численные решения дробного уравнения механики.	ПУМД осн. лит-ра [2] Гл. VII стр. 340-362: [3] Гл. IX стр 331-457: ЭУМД [1] Гл. 1,2,5,11 стр. 19-77, 267-258, [2] Гл. 10, стр 495, Гл. 11, стр. 599	8	10,5
Подготовка к контрольной работе.	ПУМД осн. лит-ра [1] Л. 33,34 стр. 626-647: [2] Гл. VII стр. 340-362:	8	5
Подготовка к экзамену	ПУМД осн. лит-ра [1] Л. 33,34 стр. 626-647: [2] Гл. VII стр. 340-362: [3] Гл. IX стр 331-457: до лит-ра. [1] Гл. 1. стр 20-94: ЭУМД [1] Гл. 1,2,5,11 стр. 19-77, 267-258.	8	10

### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

#### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Контрольная работа	1	20	Контрольная работа проводится на практическом занятии. Продолжительность – 2 академических часа. Она содержит 5 задач. Студент должен самостоятельно решить задачи, оформить их решение на отдельном листочке. Каждая задача оценивается от 0 до 4 баллов следующим образом: 4 балла – задача решена правильно, 3 балла содержится не более двух негрубых ошибок, не повлиявших на общий ход решения задачи, верно выбран метод решения задачи, запись решения последовательная и математически грамотная, решение доведено до ответа; 2 балла – в решении	экзамен

						содержатся 2–3 ошибки, не повлиявшие существенно на ход решения, или решение не доведено до ответа, но при этом изложено не менее 60% полного решения. 1 балл – в процессе решения задачи допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не владеет обязательными знаниями и умениями по данной теме, или изложено менее 40% полного решения; 0 баллов – неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.	
2	8	Текущий контроль	Домашнее задание	1	5	Критерии начисления баллов (за каждую домашнюю работу): - домашняя работа выполнена верно – 5 баллов -домашняя работа выполнена верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат – 4 баллов -допущена расчетная ошибка – 3 балла - метод выполнения выбран верный, но конечный результат не достигнут – 2 балла - неверно выбран метод – 1 балла - работа не представлена – 0 баллов	экзамен
3	8	Текущий контроль	Домашнее задание	1	5	Критерии начисления баллов: - домашняя работа выполнена верно – 5 баллов -домашняя работа выполнена верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат – 4 баллов -допущена расчетная ошибка – 3 балла - метод выполнения выбран верный, но конечный результат не достигнут – 2 балла - неверно выбран метод – 1 балла - работа не представлена – 0 баллов	экзамен
4	8	Текущий контроль	Индивидуальное задание	1	5	Индивидуальное задание выполняется самостоятельно на основе предшествующих практических занятиях. На получение консультаций, исправление замечаний и защиту задания выделяются последние два практических занятия (4 часа). Защита состоит в устном объяснении хода решения, работы программы, интерпретации графика, Верно разработана численная схема - 1 балл Корректно найдено численное решение - 1 балл Верно дана интерпретация графического изображения решения -1 балл Дано развернутое устное объяснение проделанной работы - 1 балл Даны верные ответы на вопросы о ходе	экзамен

						решения и примененной теории - 1 балл	
5	8	Промежуточная аттестация	Доклад	-	5	<p>Экзаменационное мероприятие состоит в докладе по применению дробных производных в механике. Доклад заслушивается в день экзамена и рассчитан на 10 минут в виде презентации. Темы докладов выбираются на первой неделе обучения из списка тем.</p> <p>5 баллов - студент умеет представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде выступления; формировать систему рабочих гипотез; проводить оценку научной и практической значимости результатов научных исследований; владеет навыками ведения научной дискуссии. 4 балла - студент умеет представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде выступления; формировать систему рабочих гипотез; владеет навыками ведения научной дискуссии; есть недочеты в оформлении презентации к докладу; 3 балла - студент владеет навыками ведения научной дискуссии; есть недочеты в оформлении презентации к докладу; недостаточно структурированный материал доклада; 2 балла - слабые навыки публичных выступлений и ведения научной дискуссии; есть недочеты в оформлении презентации к докладу; неструктурированный материал доклада;. 1 балл – есть неточности, неправильные формулировки, нарушения последовательности в изложении доклада, у студента слабые навыки публичных выступлений и ведения научной дискуссии. 0 баллов - непоследовательное, нелогичное изложение доклада, отсутствие ответов на поставленные вопросы или отсутствие участия в научной дискуссии.</p>	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине проводится на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля.</p> <p>Промежуточная аттестация не является обязательным</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	мероприятием для выставления оценки. Промежуточная аттестация проводится в случае, если студент хочет повысить оценку или его рейтинг по результатам текущего контроля менее 60%. Экзаменационное мероприятие состоит в докладе по применению дробных производных в механике. Доклад заслушивается в день экзамена и рассчитан на 10 минут в виде презентации.	
--	--	--

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-1	Знает: теорию дробных производных	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: решения обобщенных на случай дробной производной уравнений механики	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Карачик, В. В. Курс математического анализа [Текст] учеб. пособие для вузов по инж.-физ. и физ.-мат. специальностям В. В. Карачик ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Мат. анализ ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2009. - 681, [1] с. ил.
2. Калиткин, Н. Н. Численные методы Учеб. пособие для вузов Под ред. А. А. Самарского. - М.: Наука, 1978. - 512 с. ил.
3. Демидович, Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу Учеб. пособие для вузов Б. П. Демидович. - М.: АСТ : Астрель, 2005. - 558 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Ковалев, Ю. М. Введение в математические модели механики сплошных сред [Текст : непосредственный] учеб. пособие по направлению "Механика и мат. моделирование" и др. Ю. М. Ковалев, В. Ф. Куропатенко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2020. - 80, [2] с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. «Вестник Южно-Уральского университета» серия «Математика. Механика. Физика»
2. «Вестника Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование»
3. «Journal of Computational and Applied Mathematics»

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Учайкин, В.В. Механика. Основы механики сплошных сред [Электронный ресурс] : учебник / В.В. Учайкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 860 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/91899">https://e.lanbook.com/book/91899</a> . — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Бахвалов, Н. С. Численные методы : учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 9-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 636 с. — ISBN 978-5-00101-836-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/126099">https://e.lanbook.com/book/126099</a> (дата обращения: 07.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	707 (1)	Компьютеры